蚤类足跗节细微结构的扫描电镜观察

王善青　　肖蔼祥
（山西医学院）

摘要　本文报道4科18属26种蚤类足跗节的扫描电镜观察结果，发现了蚤类足跗节上的若干种感器和类似于爪垫的结构。感器的形式主要是毛形感器和刺形感器；似爪垫结构位于副爪下方，具有许多微小棘毛。爪与副爪对应面上均具有横纹。多数种类第5跗节蹠面上具有许多感觉毛，其数量和分布在不同种甚至两性之间均有差异，拟可用于分类鉴定。根据第5跗节侧蹠鬃的数目及本研究第一部分感觉板上感觉窝的数目对所观察的4科蚤类进行了分型，并对其进化地位进行了讨论。

关键词　蚤类　足跗节　感器　爪垫

众所周知，蚤类是重要的医学昆虫，其形态研究早已为人们所关注，国外不少专家使用扫描电镜作了大量观察（Rothschild 与 Hinton, 1968; Amrine 与 Lewis, 1978; Чайка, 1980; Медведев, 1982; 1983）。但多以蚤类成虫头部为重点，对足跗节的研究迄今在国内外均未见有专门的报道。本研究通过扫描电镜，对4科18属26种蚤（学名见王善青、肖蔼祥，1987）的足跗节进行了观察，现将结果报道如下。

材料和方法

一、标本来源　同上文（王善青、肖蔼祥，1987）。

二、制备方法　观察前从70%酒精中取出标本，退回至蒸馏水中，经反复冲洗后，在双筒解剖镜下，将足从胫节切下，经梯级酒精脱水，自然干燥后喷金，在JSM-35C扫描电镜下15KV进行观察。

结　　果

蚤类前、中、后足跗节形状基本相似，后足跗节是分类上常用的结构。本文着重观察了后足跗节，发现一些光镜下不易见到的细微结构和感器，特别是第5跗节，结构比较复杂，且差异较大，在分类上有一定意义，现将跗节分为两部分介绍如下。

一、后足第1—4跗节

后足跗节上的鬃主要分布于内、外面的两侧和各节端部。内侧面的鬃较粗大，中间具若干较长的细鬃，着生处骨板沿鬃的生长方向常形成凸起，两侧粗大的鬃一般对称排列，鬃的表面具有斜行沟槽（图版I:1），其基部直径约为7.7μm，鬃的长短两侧不完全对称，每节都有一对最长的鬃位于近端部。外侧面的鬃较尖细，在第1—3跗节近端部各有2对鬃，外侧一对粗大，内侧一对尖细（图版I:2），在第4跗节上是2对或3根细鬃。跗节表面一

本文于1985年1月收到。

般形成鳞片状小突起(图版 I:2)，但有些种只形成一般纹饰(图版 I:3)。

在第 4 跗节内侧端部发现了一种感器，这种感器蚤科为钝头毛形感器(图版 I:4)，多毛蚤科、细蚤科和角叶蚤科则为短锥形感器(图版 I:5)，推测此感器司味觉作用 (Чайка, 1980)。

二、第 5 跗节

后足第 5 跗节是跗节中较为特殊的一节，其内侧面称为蹠面，蹠面两侧具有 4—5 对粗大的侧蹠鬃，基部直径为 6—10μm，表面具有沟槽。蹠面端部有一对短粗的近爪鬃，基部直径为 4—6μm。蹠面有若干蹠毛，长 10—20μm，电镜下可见基部具有窝 (图版 I:6)，推测是一种感觉毛，有些种毛窝处的蹠面沿感觉毛生长方向形成板状突起。感觉毛的多寡及有无在不同种甚至两性间均有差异。 跗节端部两侧前伸，形成两个扁平的舌状突。舌状突内侧基部各具一毛状感器，长 7—12μm，毛状感器内侧各具 2 个圆丘状小突起，高约 1.2μm，直径 1.2—1.7μm，位于圆形凹陷内(图版 I:7)，推测亦为一种感器。舌状突外侧各具一根细长鬃，长 30—60μm，其毛窝附近形成很大的圆形凹陷。

第 5 跗节末端有一对粗大的爪，形似山羊犄角，基部有一对短粗的副爪。爪与副爪对应面上具斜行横纹(图版 I:8)，横纹宽 2.5μm，深 1.5μm，蚤类依靠爪及副爪并借助端部一对侧蹠鬃和近爪鬃抓握宿主体毛 (图版 I:9)。

副爪下方与跗节相连处有一板块样结构 (图版 I:10)，形似穿山甲的外表，其上方和两侧有许多单一或成簇小棘位于两副爪之下(图版 II:1)，推测此即蚤类的爪垫，此结构在光镜下只能看到一些横纹，若爪往回钩时便不易看到。

第 5 跗节外侧面呈舟底状，表面除一般纹饰外无特殊结构，在两侧靠近侧蹠鬃处和近端部有若干细长鬃(图版 II:2)。

后足第 5 跗节蹠面感觉毛的数量和分布变化颇大。就所观察的 26 种蚤来说，蹠面情况可分为四类：① 蹠面光滑无感觉毛(图版 II:3)，如具钩靴片蚤和雄性卷带倍蚤指名亚种；② 蹠面无感觉毛，在近爪鬃后方有一椭圆形深色区，其上有微毛 (图版 II:4) 或小棘 (图版 II:5)，如人蚤；③ 蹠面无感觉毛，但有短粗的蹠鬃 2—3 对(图版 II:6)，这类只有多刺狭蚤；④ 蹠面上具有数目不等的感觉毛，少者只有一根(图版 II:7)，多者可超过 40 (图版 II:8)。除上述几种外，其余种均属此类。为便于比较，作者将有 5 对侧蹠鬃的分为 4 个区：(1) 基区，基部至第二对侧蹠鬃；(2) 亚中区，第二对侧蹠鬃至第三对侧蹠鬃；(3) 中区，第三对侧蹠鬃至第四对侧蹠鬃；(4) 端区，第四对侧蹠鬃至近爪鬃(图 1:a)。将 4 对侧蹠鬃的分为 3 个区，无亚中区 (图 1:b)。蚤科二种和多毛蚤科绝大多数侧蹠鬃为 4 对，细蚤科和角叶蚤科多为 5 对。此外，蚤科二种的近爪鬃长短不一，也见于角叶蚤科的曲扎角叶蚤。感觉毛在各区的分布，情况不一，即使同属之间亦常有明显差异，甚至两性间亦有微小或明显不同，详见表 1。

作者对若干种蚤的前、中足第 5 跗节蹠面进行了对比，发现同一个体的前、中足与后足蹠面情况有明显差异(见表 2)。前、中足蹠面有两个特点：一是有些种侧蹠鬃增多，如多毛蚤科一些蚤种由后足的 4 对增加成 5 对；二是感觉毛数量的增多。无论蹠面感觉毛有何特异功能，其数量增多表明感觉功能的加强。这一点从前、中足第 4 跗节上感器数量的增多(图版 II: 9,10)，得到进一步证实。印鼠客蚤前、中足的近爪鬃均比后足多 1 个，

表1 后足第5附节蹠面形态比较

蚤种	侧蹠鬃	近爪鬃	基区感觉毛数		亚中区感觉毛数		中区感觉毛数		端区感觉毛数		合计			
			♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	平均	♂	平均
人蚤	4	2 不等长	无	无	—	—	无	无	无	无	—	—	—	—
印鼠客蚤	4	2 不等长	无	无	—	—	3—5	5—7	12—14	12—14	15—19	17	17—21	19
多刺狭蚤	4(位移)	2	无	无	—	—	无	无	无	无	—	—	—	—
二齿新蚤	4	2	3	2	—	—	5—6	5—6	11—12	11—12	19—21	20	18—20	19
阿巴盖新蚤	4	2	2	无	—	—	3—4	2	8—9	6—7	13—15	14	8—9	8.5
类新蚤	4	2		4		—		5—6		11—13			20—23	21.5
副规新蚤	4	2	无	无	—	—	无	无	1	2	1	1	2	2
短指新北蚤	4	2	无	无	—	—	2	2—3	4	3—4	6	6	5—7	6
五侧纤蚤天山亚种	5	2	无	无	3	3—4	4	4—6	11—13	14—15	18—20	19	21—25	23
纯栉眼蚤指名亚种	4(位移)	2	无		—		1		18—20		19—21	20		
具钩靴片蚤	5	2	无	无	无	无	无	无	无	无	—	—	—	—
巨凹额蚤	5	2	4—6	6—8	4—6	9—11	12—14	11—13	16—18	13—15	36—44	40	39—47	43
光亮额蚤	5	2	4	3	7—9	4—5	12—14	8—10	14—16	18—19	37—43	40	33—37	35
角尖眼蚤指名亚种	5	2	无		无		6		9—12		15—18	16.5		
角尖眼蚤深窦亚种	5	2	无		无		6		11—14		17—20	18.5		
直缘双蚤指名亚种	5(位移)	2	无	无	无	无	5—6	5—6	10—11	10—11	15—17	16	15—17	16
卷带倍蚤指名亚种	5	2	3	无	6—7	无	11—12	无	19—21	无	39—43	41		
獾副角蚤扇形亚种	5	2	无	无	无	无	2—3	1—2	4—5	3—4	6—8	7	4—6	5
方形黄鼠蚤蒙古亚种	5	2	无	无	4	3—5	8—10	7—9	18—20	16—21	30—34	32	26—35	30.5
斧形盖蚤	5	2	2	1	4	3	5	5	7	8	18	18	17	17
鼷鼠盖蚤	5	2	1	2	4—5	4—5	10—11	11—12	10—11	11—12	25—28	26.5	28—31	29.5
禽角叶蚤欧亚亚种	5	2 不等长	1—2	1	2—4	2	10—11	7—9	7—9	4—6	22—25	23.5	14—18	16
曲扎角叶蚤	5	2 不等长	4	4	4—5	5—7	12—13	10—13	10—11	9—12	30—33	31.5	29—36	32.5
裂病蚤	5	2	1		5—7		7—9		9—11		22—28	25		
花鼠单蚤	5	2	2	1	4	4—6	8—10	8—10	12—13	9—11	26—29	27.5	22—28	25
冯氏单蚤	5	2	无	无	2	2	4	2	6—7	5	12—13	12.5	9	9

注：位移是第一对侧蹠鬃移到蹠面。

表 2　前、中足与后足第 5 跗节蹠面形态比较

蚤　种	前足			中足			后足		
	侧蹠鬃	近爪鬃	感觉毛	侧蹠鬃	近爪鬃	感觉毛	侧蹠鬃	近爪鬃	感觉毛
人蚤♀	4	2 不等长	无	4	2 不等长	无	4	2 不等长	无
印鼠客蚤♀	4	3 不等长	22—23	4	3 不等长	22—23	4	2 不等长	16—18
印鼠客蚤♂	4	3 不等长	20—22	4	3 不等长	20—22	4	2 不等长	18—20
多刺狭蚤♀	5(位移)	2	无，蹠鬃 3 对	5(位移)	2	无，蹠鬃 3 对	5(位移)	2	无，蹠鬃 2 对
二齿新蚤♂	5	2	28—30	5	2	28—30	4	2	18—20
阿巴盖新蚤♂	5	2	7—9	5	2	10—12	4	2	8—9
类新蚤♂	5	2	22—24	5	2	24—26	4	2	20—23
副规新蚤♀	4	2	4—6	4	2	3—5	4	2	1
副规新蚤♂	4	2	6—8	4	2	5—7	4	2	2
五侧纤蚤天山亚种♂	5	2	33—35	5	2	30—32	5	2	22—24
具钩靴片蚤♂	5	2	无	5	2	无	5	2	无
巨凹额蚤♀	5	2	41—43	5	2	41—43	5	2	38—42
巨凹额蚤♂	5	2	47—49	5	2	50—52	5	2	41—45
角尖眼蚤指名亚种♀	5	2	21—23	5	2	21—23	5	2	16—20
角尖眼蚤深窦亚种♀	5	2	21—23	5	2	21—23	5	2	16—20
卷带倍蚤指名亚种♂	5	2	无	5	2	无	5	2	无
方形黄鼠蚤蒙古亚种	5	2	25—27	5	2	28—30	5	2	26—35
斧形盖蚤♂	5	2	23—25	5	2	22—24	5	2	16—17
曲扎角叶蚤♀	5	2	33—35	5	2	28—30	5	2 不等长	31—33
裂病蚤♀	5	2	27—29	5	2	29—31	5	2	21—28

注：位移指第一对侧蹠鬃移向蹠面。

且不等长，中间一个最长。此外，蹠面无感觉毛的特殊蚤类，如具钩靴片蚤，其前、中足与后足保持一致，说明这种特殊情况是比较稳定的，不单单是后足的变异。

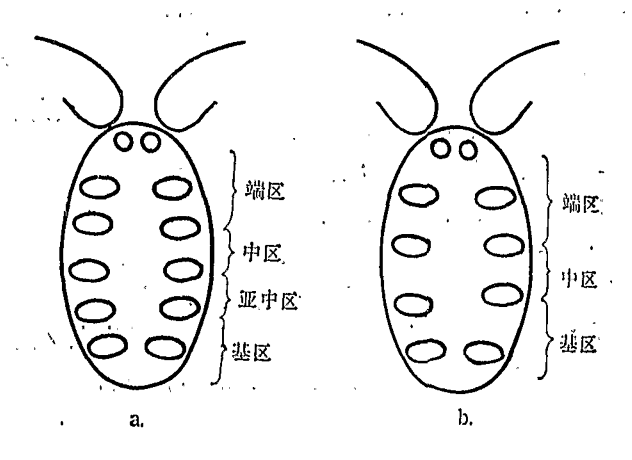


图 1　第 5 跗节蹠面分区

a. 具有 5 对侧蹠鬃；b. 具有 4 对侧蹠鬃

讨　论

1. 足跗节一般认为在蚤类跳跃时起缓冲作用，跗节的鬃和刺有利于蚤攀缘于宿主体

上(柳支英等,1982)。用电镜观察,足跗节还具有一些感觉器官。感器的形式主要是毛形感器和刺形感器。毛形感器分钝头和尖头两种，主要集中在第 4 和第 5 跗节上,前、中足较后足为多。钝头毛形感器有 5 个感受细胞，4 个是化感器，1 个是机械感器，具有味觉功能；尖头毛形感器为机械感器,由一个感受细胞支配 (Чайка, 1980)。此外，在第 4 跗节端部还发现一种短锥形感器。

刺形感器在各节均有分布,数量较多。有人提出鬃是一种大而强壮的有槽的感器,能提供触觉信息(Amrine 与 Lewis, 1978)。足是蚤与宿主接触最密切的部位，无疑通过足跗节内外两侧众多的刺形感器和鬃,将会把大量触觉信息传导给中枢。

2. 第 5 跗节蹠面的蹠毛推测是一种毛形感器,从其着生位置看,作为触感器的可能性较大。第 5 跗节端部舌状突内侧除具有 2 个尖头毛形感器外，在其旁边同时各具有 2 个位于凹陷内的圆丘体，从其受到保护的位置及两性相同的排列,推测这是一种特殊感器，司何种作用,有待今后组织学和生理学上的深入研究。

3. 跗节末端的爪具有抓握宿主体毛的功能,这种抓握仅仅是一种嵌合,因为在爪与副爪之间没有关节。当宿主毛发嵌入爪与副爪间后,爪向内钩回,即可将毛发卡入其内，由于爪与副爪对应面上的横纹与毛发鳞片状结构相互作用，使二者不易滑脱。爪下方的爪垫比较小,上端有许多棘毛,从其复杂的板块样结构来看，作者认为它既是爪与跗节的连接体,又是一个缓冲器,减少爪与跗节之间的撞击和摩擦。此外,本文所观察的 26 种蚤的爪和副爪上均具有斜纹。

4. 蹠面感觉毛的数目及在各区的分布有可能成为一种分类指标。当然，感觉毛的数目在科和属间有交叉,但在种间有明显差异,如本文观察的新蚤属有 4 种，若用第 5 跗节蹠面感觉毛的数目和分布，很易将其区分(见表 1 ,表 2)。侧蹠鬃的数目是个进化指标，一般认为具有 5 对侧蹠鬃的种类较为原始(柳支英等,1982)。本文观察的 4 科中,蚤科侧蹠鬃为 4 对,角叶蚤科和细蚤科(双蚤亚科)为 5 对,多毛蚤科既有 4 对的,亦有 5 对的,还有后足 4 对,前、中足 5 对的,说明多毛蚤科处于过渡类型。上文(王善青、肖蔼祥，1987)记载对蚤类感觉板的观察，从感觉室(杯陷)的数目多少亦说明多毛蚤科为过渡类型。如以感觉板和足跗节的比较形态对所观察的 4 科进行粗略的分型,可分为三型：第 I 型,蚤科,感觉室每侧 14 个,第 5 跗节侧蹠鬃 4 对；第 II 型,多毛蚤科,感觉室每侧 11—50 个以上,侧蹠鬃 4—5 对；第 III 型,角叶蚤科和细蚤科(双蚤亚科),感觉室每侧 20—22 个,侧蹠鬃 5 对。这种分型与 (Медведев, 1983) 对蚤类触角的研究结果基本吻合。当然，作者所观察的标本有限,用电镜研究蚤类的分类和进化仅是初步探讨,况且蚤类的分类和进化并不单单取决于比较形态;还与生理生化、宿主关系、动物地理及生态等诸方面有关,不过形态是最明显和直观的,由此可得到启示,进而深入研究其它因素。

参　考　文　献

王善青、肖蔼祥　1987　蚤类感觉板的细微结构。昆虫学报 **30**(1): 41—6。

柳支英、吴厚永、刘泉　1982　蚤类。武汉医学院《医学昆虫学》教材。p1—58。

Amrine, J. W. & Lewis, R. E., 1978 The topography of the exoskeleton of *Cediopsylla simplex* (Baker, 1895) I. The head and its appendages. *J. Parasitol.* **64**(2): 343—58.

Rothschild, M. & Hinton H. E., 1968 Holding organs on the antennae of male fleas., *Proc. R. ent. Soc. Lond.* (A) **43**(7—9): 105—7.

Медведев, С. Г. 1982 Особенности строения антенн блох (Siphonaptera) и их использование в систематике. *Энтомологическое Обозрение* **61**(2): 418—27.

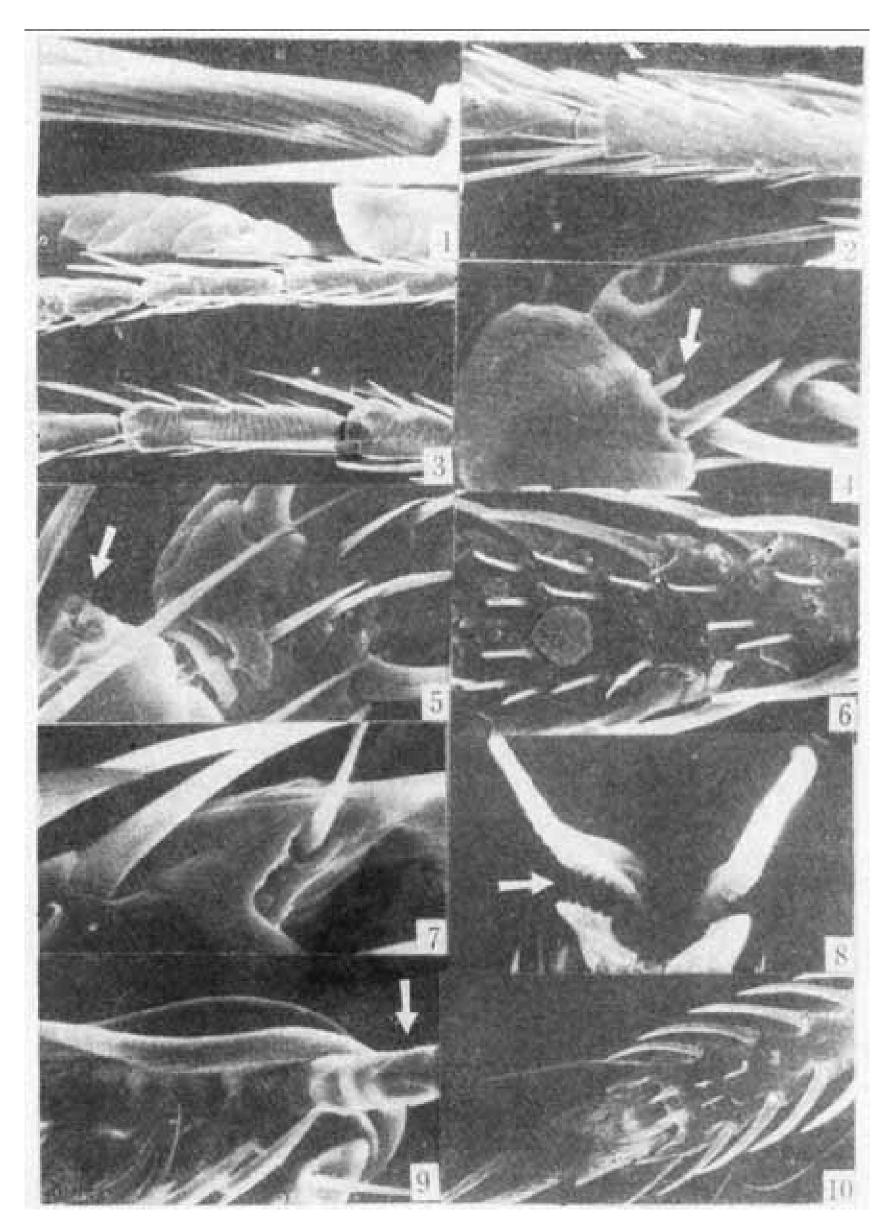
SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF FLEA TARSI

WANG SHAN-QING　XIAO AI-XIANG

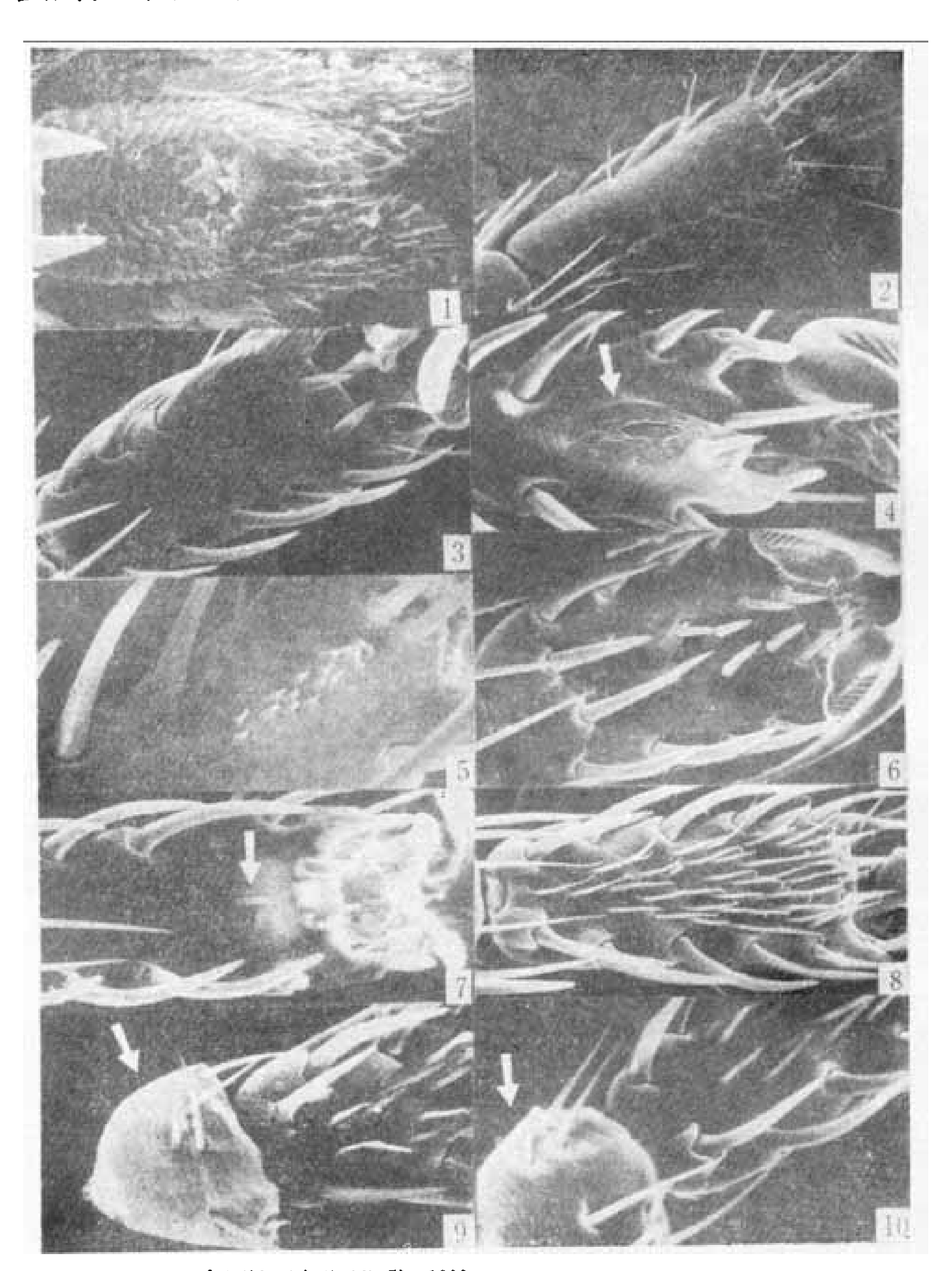
(Shanxi Medical College)

An examination with scanning electron microscope (SEM) of the tarsi of fleas belonging to 26 species in 18 genera and 4 families revealed that they function not only for locomotion but also for sensation, which is carried out by sensilla in different number and type, mostly sensilla trichodea and sensilla chaetica. The former are located on the fourth and fifth tarsal segments while the latter can be found on every tarsal segment. The pulvillus beneath the claws possesses many small spines; the troughs on the claws help to clamp on the hairs of host. The sensory hairs located on the plantar surface are different in number and distribution in the species of flea examined and difference even exists between the sexes of the same species. Presumably they can be used as criteria in flea classification.

Key words fleas——tarsus——sense organ——pulvillus



1. 后足跗节侧鬃表面结构(花鼠单蚤♀)×2000
2. 后足跗节外侧面，示端部两对鬃和鳞片状表皮(二齿新蚤♂)×500
3. 后足跗节外侧面，示纹状表面(花鼠单蚤♀)×400
4. 后足第 4 跗节端部，箭头所示为钝头毛状感器(人蚤♀)×100
5. 后足第 4 跗节端部，箭头所示为短锥状感器(巨凹额蚤♂)×1500
6. 后足第 5 跗节蹠面，示蹠毛及毛窝(曲扎角叶蚤♂)×1000
7. 后足第 5 跗节舌状突基部，示感器(冯氏单蚤♀)×3000
8. 爪与副爪对应面上具有横纹(箭头所示)(五侧纤蚤天山亚种♀)×1000
9. 蚤以爪抓握宿主毛之状态，箭头所示为宿主毛(短指新北蚤♀)×1000
10. 示爪与跗节间爪垫的位置(獾副角蚤扇形亚种♂)×400



1.爪垫的细微结构(獾副角蚤扇形亚种♂)×1800
2.后足第5跗节外侧面(斧形盖蚤♂)×450
3.蹠面无感觉毛(卷带倍蚤指名亚种♂)×800
4.蹠面,具小微毛的深色区(箭头所示)(人蚤♀)×450
5.蹠面具小棘区(人蚤♀)×600
6.蹠面,具蹠鬃4对(多刺狭蚤♀)×600
7.蹠面具感觉毛1根(箭头所示)(副规新蚤♀)×650
8.蹠面具感觉毛若干根(卷带倍蚤指名亚种♀)×650
9.前足第4跗节(箭头所示),示感器(裂病蚤♀)×700
10.中足第4跗节(箭头所示),示感器(裂病蚤♀)×700